

УДК: 630\*03

**П. А. Лыщик**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);  
**Е. И. Бавбель**, кандидат технических наук, старший преподаватель (БГТУ)

### ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

ГИС-технологии и программный комплекс CREDO состоят из нескольких крупных автономных систем и ряда дополнительных задач, объединенных в единую технологическую линию обработки информации. Каждая из систем комплекса позволяет автоматизировать обработку информации в разных областях (инженерно-геодезических, инженерно-геологических изысканий, проектирования и пр.), а также дополнить своими данными единое информационное пространство (модели рельефа, ситуации, геологии) и проектные решения создаваемого объекта.

GIS-technologies and program complex CREDO consist of several large independent systems and of some the additional functions united in a uniform technological line of processing of the information. Each of complex systems allows to automate information processing in different areas (engineering-geodetic, engineering-geological researches, designing and etc.), and also to add with the data a uniform information field (models of a relief, a situation, geology) and design decisions of created object.

**Введение.** Лесной фонд заготовительного предприятия включает в себя лесопокрытые площади, лесные и нелесные земли, болота, ручьи, реки и т. д. Для учета лесоводственно-таксационных характеристик лесонасаждений и особенностей реальной местности, влияющих на размещение транспортных путей, разработана специальная цифровая модель местности (ЦММ), которая позволяет оперативно оценивать и устанавливать параметры лесотаксационного описания. Концепция послойного представления графической информации была заимствована из САПР, однако в ГИС она получила новое качественное развитие, так, например, тематические слои в ГИС могут быть представлены не только в векторной, но и в растровой форме.

В основу разработанного программного обеспечения прогнозирования расположения лесотранспортных сетей положены четыре принципа: универсальность (возможность моделировать произвольные по конфигурации и площади участки реальных территорий с трассируемыми лесотранспортными путями), гибкость (удобство пополнения программного обеспечения за счет включения в его состав новых компонентов, а также корректировки отдельных его частей без изменения целого), быстродействие и диалоговый режим.

**Основные положения.** Прогнозирование расположения лесотранспортных сетей на больших территориях (лесхозы) достигается разбиением исходной ЦММ на отдельные сегменты (лесничества), решением оптимизационной задачи на каждом сегменте (лесничестве) и последующим синтезом (склежкой) рационального варианта лесотранспортной сети.

Программное обеспечение по прогнозированию расположения лесотранспортных путей на долгосрочную перспективу включает в себя

систему построения возможных вариантов лесотранспортной сети и выбора оптимальной.

1. *Анализ исходных данных.* В основе проведения анализа и формирования исходных данных лежат технологии геоинформационного моделирования. В. Я. Цветков [1, 2] определил геоинформационное моделирование как класс моделирования пространственно-временных данных, использующий их организацию в ГИС, согласно которой каждый графический объект тесно взаимосвязан с одной или несколькими таблицами базы данных. Таким образом, геоинформационное моделирование представляет собой класс моделирования графических объектов, взаимосвязанных с базами данных.

При разработке специальной цифровой модели с непосредственным использованием ГИС выделены следующие слои (макеты):

- природно-климатические условия района проектирования (климат, рельеф, гидрография, растительность и почвы, инженерно-геологические и гидрологические условия);
- лесотранспортная сеть района тяготения (автомобильные дороги и железные дороги);
- состояние сети автомобильных дорог (годы постройки, категория дорог);
- состояние дорожных покрытий, земляного полотна, обочин, мостов, путепроводов;
- водопропускные трубы и малые мосты, системы поверхностного водоотвода;
- обстановка и принадлежности дорог и т. д.;
- экономика района тяготения (промышленность, сельское хозяйство, транспорт и т. д.);
- грузооборот, пассажирооборот, грузонапряженность на существующей лесотранспортной сети в существующих условиях;
- распределение общего объема грузоперевозок по видам грузов (промышленные, сельскохозяйственные, строительные, лесные).

Одной из главных задач при обосновании параметров лесотранспортных сетей на основе ГИС-технологий является обеспечение автоматизированного согласования принципиальных проектных решений в системе Credo ДОРОГИ (план трассы, продольный и поперечные профили, параметры земляного полотна и дорожной одежды). Векторные данные в ГИС обязательно являются объектными, т. е. несут информацию об объектах, а не об отдельных их элементах, тематические слои в ГИС являются определенными типами цифровых картографических моделей, построенных на основе объединения пространственных объектов, имеющих общие свойства или функциональные признаки. Совокупность тематических слоев образует интегрированную основу графической части ГИС, в которых объединяющей основой (подложкой) являются цифровые и электронные карты.

Функционирование системы проектирования лесотранспортной сети условно можно разделить на два этапа: анализ и подготовка исходных данных к расчету и проведение непосредственно самой оптимизации.

Определяется наличие эксплуатационных лесов (леса II группы) в конкретном лесничестве. В данном случае для Слободского лесничества ГОЛХУ «Борисовский опытный лесхоз» I группа лесов занимает 22,1%, а II группа – 77,9% при общей лесопокрытой площади 5711,5 га.

Устанавливаются по группам возраста лесонасаждений эксплуатационные леса, в которых необходимо построить лесотранспортную сеть (т. е. в перестойных, спелых, и если необходимо – в приспевающих лесах).

Проектирование опорной лесотранспортной сети включает: многовариантное размещение сети лесных дорог с учетом лесоводственно-таксационных характеристик насаждений и

особенностей реальной местности (наличие рек, болот, существующей сети дорог и т. д.), а также определение очередности строительства лесных дорог (рис. 1).

При этом опорная лесотранспортная сеть обеспечивает непрерывность и неистощительность пользования лесом в пределах оборота рубки с учетом возрастной структуры лесов, наличия спелых насаждений, сохранения биологического разнообразия лесов. Затем формируются отчетные показатели по запроектированной лесотранспортной сети, исходящие из двух методов определения очередности освоения лесных массивов: стоимость строительства лесотранспортной сети по периодам освоения лесных массивов, объем вывозки по каждому участку, протяженность участков сети и т. д.

#### Показатели лесотранспортной сети

Показатель	Период строительства				Итого
	I	II	III	IV	
Длина строительства лесных дорог, км	4,52 2,65	4,26 3,77	2,79 4,91	6,44 6,68	18,0 18,0
Стоимость строительства лесных дорог, млрд. руб.	0,62 0,34	0,62 0,52	0,43 0,83	1,06 1,04	2,73 2,73
Объем вывозки, тыс. м <sup>3</sup>	21,4 21,2	22,8 21,0	21,7 19,0	22,0 23,7	87,9 87,9

*Примечание.* В числителе данные, полученные по критерию наступления спелости; в знаменателе – по минимуму затрат.

Из представленного отчета (таблица) видно, что для полного транспортного освоения лесных массивов Слободского лесничества необходимо построить 18,0 км лесных дорог. При этом объем вывозки в целом по запроектированной лесотранспортной сети составит 87,9 тыс. м<sup>3</sup>, а общая стоимость строительства – 2,73 млрд. руб.

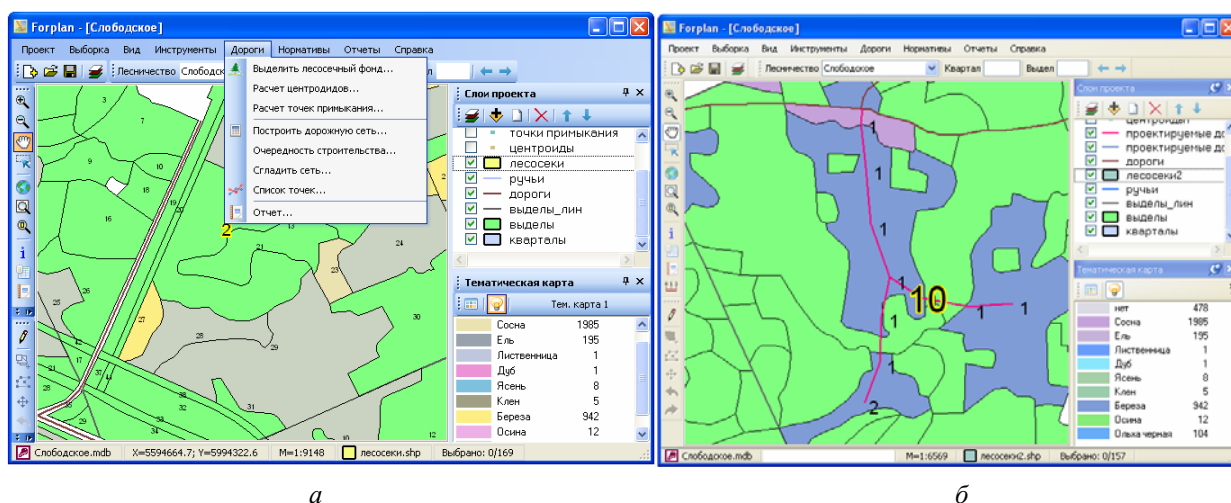


Рис. 1. Интерфейс программы:

*а* – порядок проектирования лесотранспортной сети; *б* – запроектированная лесная дорога

Программа позволяет извлекать большое количество важных данных, таких как средний породный состав всей территории; общий запас древесины; средний породный состав интересующих выделов; общий запас древесины на этих выделах; распределение по классу возраста; вычисление прироста; распределение по приросту.

**Технология проектирования в CREDO ДОРОГИ.** Проектирование трассы лесной автомобильной дороги в системе CREDO ДОРОГИ представляет собой определенный технологический цикл и выполняется в заданной последовательности, так как решения, полученные на предыдущем этапе проектирования, являются исходными данными для его продолжения [1].

Процесс создания проекта трассы лесной дороги состоит из нескольких этапов.

**Подготовка картографического материала.** В программе ТРАНСФОРМ сканируются и трансформируются фрагменты топографического плана с горизонталями, затем накладываются контуры видимости и сохраняются для использования в качестве подложки в системе CREDO ДОРОГИ.

**Создание цифровой модели рельефа на основе картографического материала.** В системе CREDO ДОРОГИ таким представлением является нерегулярная сеть треугольников (триангуляция Делоне), построенная с учетом дополнительных условий, накладываемых используемыми структурными линиями на поле точек, которые имеют пространственные координаты и высоту.

**Создание цифровой модели ситуации.** Цифровая модель ситуации включает в себя площадные (участки земельных угодий, водоемы, населенные пункты, отдельные здания и сооружения и т. д.), линейные (дороги, водотоки, линии побережья, линии электропередач и др.) и точечные объекты. В данном случае отражались квартальная сеть лесничества, выдела, существующая сеть лесных дорог, гидрология участков лесного фонда, контур болот, противопожарные разрывы.

**Проектирование плана трассы лесной дороги.** При проектировании плана трассы соблюдались основные требования СНБ 2.05.07-91 «Промышленный транспорт»: минимальные радиусы кривых в плане, максимальный продольный уклон; природные условия района проложения трассы; ситуационные особенности района проектирования; варианты пересечения крупных водотоков, устройство развязов.

**Проектирование продольного профиля лесной автомобильной дороги методом оптимизации.** Данный метод предусматривает про-

граммный контроль соблюдения требований проектировщика по минимально допустимым радиусам, максимально допустимому продольному уклону и контрольным точкам.

В разрабатываемом проекте продольный профиль выполнен методом оптимизации по эскизной линии в соответствии со СНБ 2.05.07-91. Основными принципами положения проектной линии продольного профиля, независимо от метода проектирования, являются: соблюдение технических норм проектирования (максимальный продольный уклон, минимальные радиусы вертикальных кривых); обеспечение минимальных объемов земляных работ и рационального распределения земляных масс; прохождение проектной линии через контрольные точки (водопропускные трубы, мосты, путепроводы); ограничение длин участков с предельными уклонами; ограничение минимальных длин вертикальных кривых одного знака во избежание получения «неспокойной» проектной линии, а также обеспечение зрительной плавности и ясности трассы, удобства и безопасности движения (рис. 2).

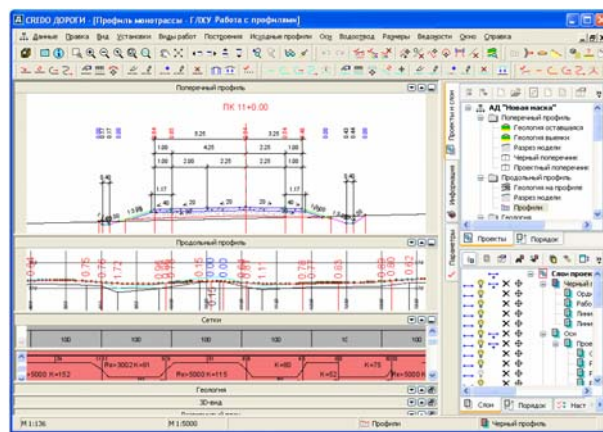


Рис. 2. Продольный профиль лесной дороги

**Проектирование земляного полотна.** Земляное полотно – наиболее разнообразный по конструкции элемент лесной автомобильной дороги. При его проектировании необходимо обеспечить его прочность и устойчивость под многократным воздействием нагрузок от подвижного состава и природных факторов. Требования к земляному полотну в различных дорожно-климатических зонах нашли свое отражение в типовом проекте конструкций земляного полотна. Случаи разработки индивидуальных проектов земляного полотна с проверкой его устойчивости определены в СНБ 2.05.07-91 «Промышленный транспорт».

При проектировании земляного полотна лесной дороги были установлены параметры проезжей части (однополосная дорога с развязками),

обочин (грунтовая часть обочины), откосов земляного полотна, рассчитаны объемы земляных работ (рис. 3).

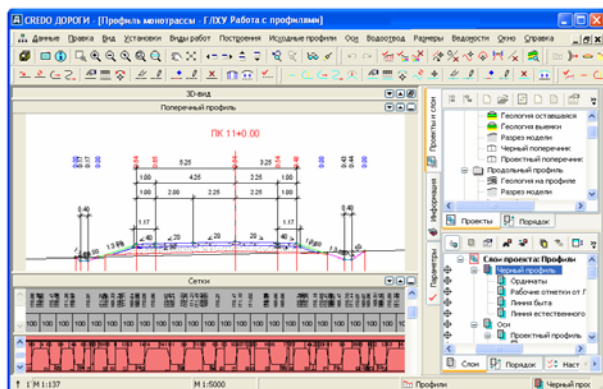


Рис. 3. Поперечный профиль однополосной дороги с разрезом

*Оформление и вывод чертежей и ведомостей.* Это заключительная часть проекта лесотранспортной сети Хуторского лесничества ГЛХУ «Червенский лесхоз» и включает в себя оформление и вывод чертежей плана трассы лесной дороги, продольного и поперечного профилей, а также вывод ведомостей по объемам работ.

**Выводы.** Разработанное математическое и информационное обеспечение с применением геоинформационных технологий позволило перейти к новой технологии непрерывного лесоустройства с внесением текущих изменений и актуализацией лесного фонда, ежегодно получать актуализированную информацию о лесном фонде для учета лесов, планирования лесохозяйственных мероприятий. При этом ГИС выступает как основная среда для проектирования и анализа лесотранспортной сети.

Основные задачи картографического интерфейса как компоненты ГИС:

- построение картографического изображения по информации, поступающей из картографической и фактографической базы данных, т. е. пространственная визуализация информации;
- обеспечение доступа к объектам этих баз данных, т. е. пространственные запросы. Такой запрос обеспечивает возможность указывать, отбирать и получать доступ к данным, манипулируя непосредственно графическими образами на экране дисплея.

Для того чтобы пользователь-эксперт мог сам свободно разрабатывать свой язык карты как знаковую систему, методы изображения картографических данных сделаны независимыми от пространственных данных. Это позволяет одно и то же содержание пространственных данных многократно применять для по-

строения лесотранспортной сети в соответствии с поставленными задачами.

Главные требования – модели должны использовать для своей работы в качестве исходных данных стандартную информацию, получаемую в лесном хозяйстве, быть легко настраиваемыми на конкретные физико-географические условия и иметь «дружественный интерфейс». Базовую информацию в лесном хозяйстве создают лесоустроительные предприятия, которые на основе дешифрирования аэрофотоснимков, полевых работ, материалов геодезической съемки и топографических карт изготавливают планшеты и другие лесные карты, а также лесотаксационные базы данных [1, 2, 3].

Лесоустроительное предприятие проводит новое лесоустройство с использованием базовых информационных технологий, разрабатывает проект организации и ведения лесного хозяйства. Все материалы вводятся, обрабатываются и хранятся в специализированных базах данных: в поведельной лесотаксационной базе данных, картографической базе данных планово-картографических материалов (геодезические материалы, планшеты, другие лесные карты) или в геоинформационной системе.

В лесозаготовительных и лесохозяйственных предприятиях выполняются все запроктированные мероприятия: по рубкам различного пользования, по лесовосстановлению и т. п., при производстве которых меняются характеристики лесного фонда, с использованием при этом запроктированной лесотранспортной сети.

Для практической реализации лесохозяйственной деятельности на этом уровне необходимо иметь систему, позволяющую, во-первых, осуществлять всевозможные запросы и их визуализацию с выдачей картографических и других документов для производства работ; во-вторых, вносить текущие изменения в ГИС; в-третьих, готовить отчетные документы как по атрибутивным, так и по картографическим данным.

### Литература

1. Бавбель, Е. И. Разработка проекта строительства лесной дороги / Е. И. Бавбель // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2010. – Вып. 4 (39). – С. 81–89.
2. Бавбель, Е. И. Формирование опорной сети лесотранспортных путей в условиях Республики Беларусь / Е. И. Бавбель, П. А. Лыщик // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2008. – Вып. 183. – С. 81–89.
3. Бавбель, Е. И. Обоснование размещения лесотранспортных сетей / Е. И. Бавбель, П. А. Лыщик // Известия вузов. Лесной журнал. – 2009. – Вып. 4. – С. 82–88.

Поступила 14.03.2012



УДК 630\*377.4

**В. С. Исаченков**, ассистент (БГТУ);**В. А. Симанович**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАНАТНО-ЧОКЕРНОГО ПРИЦЕПНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

В статье представлены математические модели движения колесной трелевочной машины при различном компоновочном решении канатно-чокерного прицепного технологического оборудования. Проведена оценка динамической нагруженности колесной трелевочной машины. Обоснованы весовые и геометрические параметры прицепного технологического оборудования.

The paper presents the mathematical model of the skidding wheel machines with different layout solution cant-chalkier trailing technological equipment. The estimation of dynamic loading of wheel skidding car. Substantiated by weight and the geometric parameters of trailer manufacturing of equipment.

**Введение.** Условия эксплуатации лесных транспортных средств можно отнести к постоянно изменяющимся процессам динамического характера, природа возникновения и функционирования которых во времени зависит от внешних и внутренних факторов. В настоящее время этап проектирования колесных агрегатных машин характеризуется многообразием их конструкций, позволяющих выполнять различные технологические операции и приемы с предметом труда. Выбор основных параметров лесных машин на стадии проектирования связан с динамическими явлениями в узлах и агрегатах транспортного средства [1].

Поставленная задача может быть решена разработкой математического аппарата синтеза динамических звеньев, входящих в систему. Выбор расчетно-кинематических и весовых параметров сравниваемых систем может быть проведен на основе анализа показателей, оказывающих преимущественное влияние на динамику поведения всей транспортной системы [2]. В качестве таких показателей в работе нами взяты статистические величины вертикальных ускорений в центре тяжести прицепного модуля, водителя и сиденья.

Выбор расчетной схемы транспортного средства для исследования показателей эксплуатационного характера и эргономических величин в центре тяжести канатно-чокерного прицепного технологического оборудования (КЧПТО), водителя и сиденья проводился на моделях, имеющих принципиальное конструктивное отличие. В качестве основной модели принимался базовый трактор МТЗ-82.1 с серийным трелевочным технологическим оборудованием, дооснащенным осями качения.

**Математические модели процесса движения колесной трелевочной машины с прицепным технологическим оборудованием.** Принципы построения расчетных схем и допущения при составлении математических моделей движения колесной трелевочной машины

(КТМ) с КЧПТО аналогичны математическому аппарату, представленному в работе [3], и предполагает нахождение независимых, изменяющихся во времени координат (степеней свободы), определяющих положение всех масс машины при рассмотрении переходных и установившихся режимов движения. Расчетные динамические схемы определяются следующими обобщенными координатами: вертикальным, угловым и продольным перемещением центра тяжести тягового трактора –  $y_1, y_2, y_3$ ; вертикальным перемещением центра тяжести переднего моста тягового трактора –  $y_4$ ; вертикальным, угловым и продольным перемещением центра тяжести прицепного технологического оборудования –  $y_5, y_6, y_7$ ; углом поворота коленчатого вала двигателя –  $y_8$ ; углами поворота колес тягового трактора –  $y_9$  и  $y_{10}$ ; вертикальными и продольными перемещениями дискретных масс пачки деревьев –  $y_{11}, y_{12}, y_{13}$ ; вертикальным перемещением центра тяжести водителя и сиденья –  $y_{14}$ ; угловым перемещением балансирной тележки осей ПТО –  $y_{15}$ .

В расчетные схемы (рис. 1) входят следующие параметры:  $M_d$  – момент двигателя;  $I_d$  – момент инерции вращающихся масс двигателя и ведущих частей сцепления;  $I_{K1}$  и  $I_{K2}$  – моменты инерции элементов трансмиссии и соответственно колес тягового трактора;  $I_T$  и  $I_{Ц}$  – моменты инерции тягового трактора и прицепного трелевочного оборудования;  $I_b$  – момент инерции балансирной тележки осей ПТО;  $M_T$  – масса тягового трактора;  $m_M$  – подрессоренная масса переднего моста тягового трактора;  $m_{Ц}$  – масса прицепного трелевочного оборудования;  $m_1, m_2$  и  $m_3$  – дискретные массы пачки хлыстов;  $m_B$  – подрессоренная масса водителя и сиденья;  $c_2, k_2$  и  $c_3, k_3$  – вертикальная жесткость и сопротивление шин переднего и заднего мостов тягового трактора;  $c_{41}, k_{41}$  и  $c_{42}, k_{42}$  – вертикальная и горизонтальная жесткость и сопротивление сцепки тягового трактора и прицепа;  $c_{51}, k_{51}, c_{52}, k_{52}, c_{53}$  и  $k_{53}$  – вертикальные жесткости и сопротивления